

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-134481
(43)Date of publication of application : 21.05.1999

(51)Int.Cl. G06T 1/00
G06T 5/20
H04N 5/232

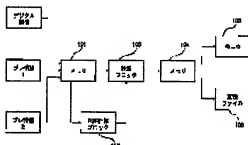
(21)Application number : 09-312914 (71)Applicant : CANON INC
(22)Date of filing : 30.10.1997 (72)Inventor : MORINO TAKASHI

(54) IMAGE RESTORATION DEVICE AND IMAGE RESTORATION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image restoration device and an image restoration method capable of providing a deterioration function approximated to an actual deterioration model when a shaken image picked with an image pickup device like a camera, etc., is restored and obtaining good image restoration effect in comparison with the conventional one.

SOLUTION: The image restoration device is provided with a memory 101 to store image information for one screen obtained from the image pickup device like a digital camera and a silver salt camera, etc., shake information 1 obtained from the image pickup device, the shake information 2 required for generating a PSF image, a PSF calculation block 102 to generate the PSF image based on the shake information 1 and the shake information 2 stored in the memory 101 and a calculation block 103 to generate a restored image according to an image restoration algorithm based on image information supplied from the memory 101 and PSF image information supplied from the PSF calculation block 102.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

特開平11-134481

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 6 T	1/00	G 0 6 F	15/62 3 8 0
	5/20	H 0 4 N	5/232 Z
H 0 4 N	5/232	G 0 6 F	15/68 4 0 0 A

審査請求 未請求 請求項の数26 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-312914

(22) 出願日 平成9年(1997)10月30日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72) 発明者 森野 崇志

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ

ノン株式会社内

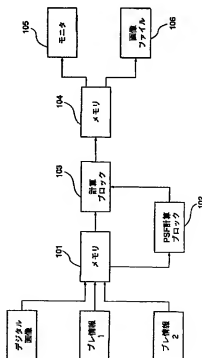
(74) 代理人 弁理士 渡部 敏彦

(54) 【発明の名称】 画像復元装置及び画像復元方法

(57) 【要約】

【課題】 カメラ等の撮像装置で撮影されたブレ画像を復元する際に現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることを可能とし、従来と比較して良好な画像復元効果を得ることを可能とした画像復元装置及び画像復元方法を提供する。

【解決手段】 デジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置から得た画像情報の一面分、撮像装置から得たブレ情報1、PSF画像生成に必要なブレ情報2を記憶するメモリ101と、メモリ101に記憶されたブレ情報1及びブレ情報2に基づきPSF画像を生成するPSF計算ブロック102と、メモリ101から供給された画像情報及びPSF計算ブロック102から供給されたPSF画像情報に基づき、画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する計算ブロック103とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行うことを特徴とする画像復元装置。

【請求項 2】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする画像復元装置。

【請求項 3】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項 2 記載の画像復元装置。

【請求項 4】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項 2 記載の画像復元装置。

【請求項 5】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする請求項 2 記載の画像復元装置。

【請求項 6】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする画像復元装置。

【請求項 7】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴と

する請求項 6 記載の画像復元装置。

【請求項 8】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項 6 記載の画像復元装置。

【請求項 9】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする請求項 6 記載の画像復元装置。

【請求項 10】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用することを特徴とする画像復元装置。

【請求項 11】 前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有限領域内の画素に対して任意に指定した値を使用することを特徴とする請求項 10 記載の画像復元装置。

【請求項 12】 前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により求める方法により取得されたデータであることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れかに記載の画像復元装置。

【請求項 13】 撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要なブレ情報を記憶する記憶手段を有することを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れかに記載の画像復元装置。

【請求項 14】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行うことを特徴とする画像復元方法。

【請求項 15】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使

用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする画像復元方法。

【請求項16】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項15記載の画像復元方法。

【請求項17】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項15記載の画像復元方法。

【請求項18】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする請求項15記載の画像復元方法。

【請求項19】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする画像復元方法。

【請求項20】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項19記載の画像復元方法。

【請求項21】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする請求項19記載の画像復元方法。

【請求項22】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡*

*上の画素と同じ値を使用することを特徴とする請求項19記載の画像復元方法。

【請求項23】 撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用することを特徴とする画像復元方法。

【請求項24】 前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有限領域内の画素に対して任意に指定した値を使用することを特徴とする請求項23記載の画像復元方法。

【請求項25】 前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により求める方法により取得されたデータであることを特徴とする請求項14乃至24の何れかに記載の画像復元方法。

【請求項26】 撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要なブレ情報を記憶する記憶ステップを有することを特徴とする請求項14乃至25の何れかに記載の画像復元方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像復元装置及び画像復元方法に係り、更に詳しくは、カメラ等の撮像装置によって撮影された画像が手ブレまたは被写体ブレ等による劣化を伴う際に原画像に近い復元画像を求める場合に好適な画像復元装置及び画像復元方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、カメラ等の撮像装置によって撮影された画像が手ブレや被写体ブレ等によりブレを生じた際に、ブレ画像を復元する画像復元方法は数多くある。これら多数の画像復元方法の中でも、ブレ方向やブレ量等のブレ情報から想定した劣化関数を用いてブレ画像を復元する手法が、最も一般的であり画像復元効果も高い。

【0003】以下に、上記のブレ画像を復元する手法で用いる劣化関数について説明する。 $f(x, y)$ を理想画像、 $g(x, y)$ を劣化した画像としたとき、

【0004】

【数1】

... (1)

の関係があると仮定する。ここで、 $h(x, y, x', y')$ は劣化関数、 $v(x, y)$ は出力画像におけるラ

ンダム雑音を表す。

【0005】平行移動を除いて、点の劣化した像がその

$$g(x, y) = \iint h(x, y, x', y') f(x', y') dx' dy' + v(x, y)$$

点の位置に依存しないならば、点ひろがり関数 (PS * [0006]
F: Point Spread Function) は、 $h(x-x', y$ [数2]
 $-y')$ の形となり、式 (1) は、 *

$$g(x, y) = \iint h(x-x', y-y') f(x', y') dx' dy' + v(x, y) \quad \cdots (2)$$

となる。雑音がないとき、式 (2) の両辺のフーリエ変換を行い、畳み込み定理より、

$$G(u, v) = H(u, v) F(u, v) \quad \cdots (3)$$

となる。G(u, v)、F(u, v)、H(u, v) は ★相対運動が平面内における記録用フィルムの運動による
それぞれ $g(x, y)$ 、 $f(x, y)$ 、 $h(x, y)$ の ★物と近似的に等しいならば、フィルム上の点における
フーリエ変換を表す。ここで、H(u, v) は、理想画 10 露光量の総計は、瞬時的な露光量をシャッタが開いている
像 $f(x, y)$ を劣化した画像 $g(x, y)$ に変換する 時間だけ積分することによって求められる。この場
システムの伝達関数である。 合、シャッタの開閉に要する時間は無視できるものとす
[0007] ここでは、カメラと風景との相対的な運動 る。 $\alpha(t)$ 、 $\beta(t)$ をそれぞれ変位の x、y 方向の
による劣化 (いわゆるブレ画像) についてのみ取り上げ 成分であるとして、
るため、その劣化モデルについて以下に説明する。運動 [0008]
を除いて画像は時間的に不変であると仮定する。もし、★ [数3]

$$g(x, y) = \int_{-T/2}^{T/2} f(x-\alpha(t), y-\beta(t)) dt \quad \cdots (4)$$

となる。この場合、T は露光時間で、便宜的に $-T/2$ ☆ [0009]

から $T/2$ までであるとした。式 (4) の両辺をフーリ 20 [数4]

エ変換すると、 ☆

$$\begin{aligned} G(u, v) &= \int dx \int dy \exp[-j2\pi(ux + vy)] \int_{-T/2}^{T/2} df(x-\alpha(t), y-\beta(t)) \\ &= \int_{-T/2}^{T/2} dt \int dx \int dy f(x-\alpha(t), y-\beta(t)) \exp[-j2\pi(ux + vy)] \end{aligned}$$

となる。 $x-\alpha(t) = \xi$ 、 $y-\beta(t) = \eta$ と置く ◆ [0010]

と、上式は、 ◆ [数5]

$$\begin{aligned} G(u, v) &= \int_{-T/2}^{T/2} dt \int d\xi \int d\eta f(\xi, \eta) \times \exp[-j2\pi(u\xi + v\eta)] \exp[-j2\pi(\alpha(t)u + \beta(t)v)] \\ &= F(u, v) \int_{-T/2}^{T/2} \exp[-j2\pi(u\alpha(t) + v\beta(t))] dt = F(u, v) H(u, v) \quad \cdots (5) \end{aligned}$$

となる。この式 (5) から、劣化は式 (3) またはこれ * [0011]

に等しい式 (2) でモデル化されることがわかる。この [数6]

劣化の伝達関数 H(u, v) は次式で与えられる。 *

$$H(u, v) = \int_{-T/2}^{T/2} \exp[-j2\pi(u\alpha(t) + v\beta(t))] dt \quad \cdots (6)$$

従って、X 軸に対して、角度 θ 、一定の速度 V で時間 T ※ だけブレた場合の点応答関数は、

$$H(u, v) = \sin \pi \omega T / \pi \omega \quad \cdots (7)$$

で与えられる。ここで、

$$\omega = (u-u_0) V \cos \theta + (v-v_0) V \sin \theta \quad \cdots (8)$$

で、 u_0, v_0 は画像の中心座標である。尚、 ω が微小な
時は $H(u, v) = T$ と近似する。

[0012] 点ひろがり関数 $h(x-x', y-y')$ は、一般に画像 (PSF 画像) として表現される。従来から用いられる PSF 画像の一例として、ブレ方向を水平とした場合の PSF 画像例を図 6 に示す。図 6 に示す PSF 画像では、画像中心を (x_0, y_0) とし、図 6 左の $X-X'$ の向きがブレ方向、 $X-X'$ の長さがブレ量に相当する。また、 $X-X'$ 上の画素の輝度値の関数を図 5 右と下に示す。

[0013] 図示の如く、従来の技術における PSF 画像では、ブレ軌跡上の画素 (本例では $y=y_0$ を満たす画素) のみ輝度値 $z(0)$ を持ち、それ以外の画素の輝度値は全て 0 乃至はごく微小な値である。即ち、この場合の劣化関数はブレ方向 ($X-X'$) 上の画素の影響のみが考慮されたものとなっており、それ以外の画素の影響は殆ど考慮しないことを示す。

[0014] ここで、上述した劣化関数を用いた画像復元の一例として、最も基本的な画像復元アルゴリズムである逆フィルタを用いた画像復元方法について説明す

7

る。劣化した画像 $g(x, y)$ と元の画像 $f(x, y)$ が上記式(2)のモデルに従うと仮定する。

【0015】このとき、雑音が無いならば、 $g(x, y) = F(u, v) = G(u, v) / H(u, v) \cdots (9)$

となる。この式(9)から、 $H(u, v)$ が既知であれば、劣化した画像のフーリエ変換 $G(u, v)$ に $1/H(u, v)$ をかけて逆フーリエ変換することによって、 $f(x, y)$ を復元できることがわかる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来技術においては下記のような問題があった。即ち、従来からブレ画像復元に用いられるPSF画像は、上記図8に示した如く、ブレ方向 $(X-X')$ 上の画素の輝度値の間数として表される。しかし、実際に撮影されたブレ画像においては、ブレ方向上の画素のみでなく、その周辺画素の影響も無視できない。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合も考えられる。

【0017】上記の理由から、上述した従来技術において説明したブレの劣化関数では、実際に撮影されたブレ画像の劣化モデルとは完全に適応しないため、十分な画像復元が不可能であるという問題があった。

【0018】本発明は、上述した点に鑑みされたものであり、カメラ等の撮像装置で撮影されたブレ画像を復元する際に現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることを可能とし、従来と比較して良好な画像復元効果を得ることを可能とした画像復元装置及び画像復元方法を提供することを目的とする。

【0019】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行うことを特徴とする。

【0020】上記目的を達成するため、請求項2の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0021】上記目的を達成するため、請求項3の発明

8

* y ）、 $f(x, y)$ 及びPSF、 $h(x, y)$ のフーリエ変換は上記式(3)を満たす。ここで、式(3)を変形すると、

$F(u, v) = G(u, v) / H(u, v) \cdots (9)$

は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0022】上記目的を達成するため、請求項4の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0023】上記目的を達成するため、請求項5の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする。

【0024】上記目的を達成するため、請求項6の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0025】上記目的を達成するため、請求項7の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0026】上記目的を達成するため、請求項8の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0027】上記目的を達成するため、請求項9の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする。

【0028】上記目的を達成するため、請求項10の発

明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用することを特徴とする。

【0029】上記目的を達成するため、請求項 11 の発明は、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有領域内の画素に対して任意に指定した値を使用することを特徴とする。

【0030】上記目的を達成するため、請求項 12 の発明は、前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により求める方法により取得されたデータであることを特徴とする。

【0031】上記目的を達成するため、請求項 13 の発明は、撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要な予備情報を記憶する記憶手段を有することを特徴とする。

【0032】上記目的を達成するため、請求項 14 の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行うことを特徴とする。

【0033】上記目的を達成するため、請求項 15 の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0034】上記目的を達成するため、請求項 16 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0035】上記目的を達成するため、請求項 17 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ

軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0036】上記目的を達成するため、請求項 18 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする。

【0037】上記目的を達成するため、請求項 19 の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0038】上記目的を達成するため、請求項 20 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0039】上記目的を達成するため、請求項 21 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用することを特徴とする。

【0040】上記目的を達成するため、請求項 22 の発明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用することを特徴とする。

【0041】上記目的を達成するため、請求項 23 の発明は、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用することを特徴とする。

【0042】上記目的を達成するため、請求項 24 の発

明は、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有限領域内の画素に対して任意に指定した値を使用することを特徴とする。

【0043】上記目的を達成するため、請求項25の発明は、前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により求める方法により取得されたデータであることを特徴とする。

【0044】上記目的を達成するため、請求項26の発明は、撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要なブレ情報を記憶する記憶ステップを有することを特徴とする。

【0045】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0046】【1】第1の実施の形態

図1は本発明の第1の実施の形態に係る画像復元装置の構成を示すブロック図である。第1の実施の形態に係る画像復元装置は、メモリ101と、PSF計算ブロック102と、計算ブロック103と、メモリ104と、モニタ105と、画像ファイル106とを備える構成となっている。画像復元装置は、例えばデジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置によって撮影された画像中のブレを減少させて、元の画像に近い画像を復元する場合に適用されるものであり、後述の手順を実現する。

【0047】上記各部の構成を詳述すると、メモリ101は、例えばデジタルカメラ等の撮像装置から或いは銀塩カメラ等の撮像装置によって撮影されたフィルムから、フィルムスキャナを用いる等の手法によって取得されたデジタル画像の画像情報の一面分が記憶される。

また、メモリ101には、上記の撮像装置に装備されて*

$$h(r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \quad \dots (10)$$

で表される関数となる。

【0053】第1の実施の形態では、ブレ軌跡上の各画素は、ブレ方向に垂直な方向に式(10)で示すようなボケ劣化が生じていると考える。従って、ブレ軌跡(X※

$$z(r) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma^2}\right) \quad \dots (11)$$

として与えられる輝度値 $z(r)$ となる。そして、式(11)により輝度値を与える画素は、ブレ軌跡の線分からの距離が有限値 r 以内とする。

【0055】図2は上記理論によるPSF画像の一例を示す図である。輝度値の関数を示す図2右は、ブレ軌跡上の各画素がブレ方向に垂直な方向にボケ劣化の特性を持つことを示している。

【0056】以下に、従来技術で示したPSF画像との

* いるセンサによるブレ検知や演算によって得られたブレ情報1と、本発明で示したPSF画像生成に必要なブレ情報2が記憶される。

【0048】PSF計算ブロック102は、メモリ101に記憶されたブレ情報1及びブレ情報2に基づきPSF画像を生成する。計算ブロック103は、メモリ101から供給された画像情報、及びPSF計算ブロック102から供給されたPSF画像情報に基づき、画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する。メモリ104には、計算ブロック103で生成された復元画像が記憶される。モニタ105は、メモリ104から出力された復元画像を表示する。画像ファイル106は、メモリ104から出力された復元画像を格納する。

【0049】次に、上記の如く構成してなる本発明の第1の実施の形態に係る画像復元装置により、ブレ劣化に加えボケ劣化特性を利用したPSF画像を用いる方法について詳細に説明する。

【0050】本発明では、PSF画像としてブレ方向(X-X')上の画素に加え、その周辺画素の影響も含めた劣化関数を提案した。その第1の実施の形態として、ブレ劣化に加えボケ劣化特性を利用したPSF画像を用いる方法について以下に述べる。この場合、ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得られる方法や対象画像自体から演算により求める方法によって、既に取得されているものとする。

【0051】先ず、一般にボケ修正に用いる劣化関数について説明する。中心画素からの距離を r 、正規分布法則の任意のパラメータを σ の二乗とすると、上記ボケ修正に用いる劣化関数は、

【0052】

【数7】

※-X'の周辺画素は、ブレ軌跡の線分からの距離 r の関数、

【0054】

【数8】

相違点を示す。

(a)ブレ方向(X-X')上の画素は、従来同様一定輝度値を持つ。

(b)ブレ軌跡(X-X')の周辺画素は、従来技術では輝度値0(乃至ごく微小)であるが、第1の実施の形態では、ブレ軌跡の線分からの距離 r の関数式(11)として与えられる輝度値となる。

(c)上記(b)の関数により輝度値を与える領域は、

ブレ軌跡からの距離 r 0 以内とし、その領域外の画素は輝度値 0 とする。

【0057】図3は上記図2で示される P S F 画像の中心画素周辺部(斜線部画素は P S F 画像中心)の輝度値を示す。例えば、ブレ軌跡上の画素の輝度値は z

(0)、ブレ軌跡からの距離が 1 画素または 2 画素では、従来は輝度値 0 (乃至ごく微小)であったのに対し、第 1 の実施の形態ではそれぞれ輝度値 $z(1)$ 、 $z(2)$ が与えられる。

【0058】以上説明したように、本発明の第 1 の実施の形態によれば、画像復元装置は、デジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置から得た画像情報の一面分、撮像装置から得たブレ情報 1、P S F 画像生成に必要なブレ情報 2 を記憶するメモリ 101 と、メモリ 101 に記憶されたブレ情報 1 及びブレ情報 2 に基づき P S F 画像を生成する P S F 計算ブロック 102 と、メモリ 101 から供給された画像情報及び P S F 計算ブロック 102 から供給された P S F 画像情報に基づき、画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する計算ブロック 103 とを有すると共に、ブレ方向上の画素は従来同様一定輝度値とし、ブレ軌跡の周辺画素はブレ軌跡の線分からの距離 r の関数式(11)として与えられる輝度値とし、該関数により輝度値を与える領域はブレ軌跡からの距離 r 0 以内、その領域外の画素は輝度値 0 とするため、下記のような効果を奏する。

【0059】本発明の第 1 の実施の形態では、実際のブレ画像の劣化モデルにより近い劣化関数を用いる。即ち、従来技術における P S F 画像ではブレ軌跡上の画素以外の画素の輝度値は全て 0 乃至ごく微小な値であったが、本発明の第 1 の実施の形態ではブレ軌跡上の画素の輝度値は従来技術と同様の手法により得られる値を使用し、加えて、ブレ軌跡に垂直な方向の画素の輝度値はブレ軌跡データから関数により演算した値を使用する。該関数は、ブレ軌跡の線分からの距離の関数として、ボケ劣化の特性を持つガウシアン関数を用いる。

【0060】従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影 * 40

$$\begin{aligned} z(r) &= z(0) & (-r0 \leq r \leq r0) \\ z(r) &= 0 & (\text{other}) \end{aligned} \quad \cdots (12)$$

で与えられる輝度値を持つ。

【0065】また、三角波の場合、ブレ軌跡上の画素の輝度値を $z(0)$ とし、ブレ軌跡の線分からの距離 r の※

$$\begin{aligned} z(r) &= z(0) - a|r| & (-r0 \leq r \leq r0) \\ z(r) &= 0 & (\text{other}) \end{aligned} \quad \cdots (13)$$

で与えられる輝度値を持つ。

【0066】以上説明したように、本発明の第 2 の実施の形態によれば、画像復元装置は、デジタルカメラや銀

* 響かブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本実施の形態による劣化関数を適用することにより、効果的な画像復元を行うことが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。

【0061】更に、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値もまた、ブレ軌跡データから関数により演算した値を使用することにより、画像復元効果は更に向上する。上記により提供される劣化モデルに適用しない場合、ブレ軌跡周辺画素の輝度値に関しては、任意に指定した輝度値を任意に指定した有領域領域内の画素にのみ使用することにより、より柔軟に対応可能な画像復元が可能となる。更には、本実施の形態による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0062】【2】第 2 の実施の形態

本発明の第 2 の実施の形態に係る画像復元装置は、上記第 1 の実施の形態と同様に、メモリ 101 と、P S F 計算ブロック 102 と、計算ブロック 103 と、メモリ 104 と、モニタ 105 と、画像ファイル 106 とを備える構成となっている。画像復元装置は、例えばデジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置によって撮影された画像中のブレを減少させて、元の画像に近い画像を復元する場合に適用されるものであり、後述の手順を実現する。画像復元装置各部の詳細については上記第 1 の実施の形態で詳述したので説明を省略する。

【0063】上記第 1 の実施の形態においては、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値を与える関数としてボケの特性を表す関数(上記図 2 右)を用いた。第 2 の実施の形態においては、上記第 1 の実施の形態で用いた式(11)の代わりに、矩形波或いは三角波を用いる方法について説明する。

【0064】図 4 (a) は矩形波を用いた場合の例を示す図であり、図 4 (b) は三角波を用いた場合の例を示す図である。矩形波の場合、ブレ軌跡の線分からの距離が既定値 $r0$ 以内であれば、従来と同様の手法により、ブレ軌跡データから得た輝度値 $z(0)$ (＝一定値)を与える。即ち、

※絶対値に関する負の一次関数を用いる。また、距離 r が既定値 $r0$ 以上の画素の輝度値は 0 とする。即ち、一次関数の傾きを a とすると、

$$\begin{aligned} z(r) &= z(0) - a|r| & (-r0 \leq r \leq r0) \\ z(r) &= 0 & (\text{other}) \end{aligned} \quad \cdots (13)$$

塩カメラ等の撮像装置から得た画像情報の一面分、撮像装置から得たブレ情報 1、P S F 画像生成に必要なブレ情報 2 を記憶するメモリ 101 と、メモリ 101 に記

憶されたブレ情報1及びブレ情報2に基づきPSF画像を生成するPSF計算ブロック102と、メモリ101から供給された画像情報及びPSF計算ブロック102から供給されたPSF画像情報に基づき、画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する計算ブロック103とを有すると共に、上記第1の実施の形態で用いた式(11)の代わりに矩形波或いは三角波を用いる方法をとる。矩形波の場合は、ブレ軌跡の線分からの距離が既定値以内であればブレ軌跡データから得た輝度値を与え、三角波の場合は、ブレ軌跡上の画素の輝度値についてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数を用いるため、下記のような効果を得る。

【0067】カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明の劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0068】[3]第3の実施の形態

本発明の第3の実施の形態に係る画像復元装置は、上記第1の実施の形態と同様に、メモリ101と、PSF計算ブロック102と、計算ブロック103と、メモリ104と、モニタ105と、画像ファイル106とを備える構成となっている。画像復元装置は、例えばデジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置によって撮影された画像中のブレを減少させて、元の画像に近い画像を復元する場合に適用されるものであり、後述の手順を実現する。画像復元装置各部の詳細については上記第1の実施の形態で詳述したので説明を省略する。

【0069】上記第1の実施の形態及び第2の実施の形態においては、図5に示す如く、ブレ軌跡上の画素に加え、軌跡に垂直な方向の画素(図5の斜線部領域)に対し上述したような関数による輝度値を与えた。しかし、ブレ軌跡の端点周辺(図5の領域A及び領域B)に注目すると、領域A、領域Bに対しては端点からの距離の関数等によって輝度値を与えることになり、更に現実の劣化モデルに近づく。

【0070】第3の実施の形態においては、ブレ軌跡に垂直な方向の画素の輝度値を与える関数、同じくブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値を与える関数として利用する。即ち、例えば上記第1の実施の形態で用いた関数式(11)を用いる場合、領域A、領域B内の画素の輝度値もまた、端点からの距離 r の関数式(11)により与える。また、距離 r が既定値 r_0 以上の画素の輝度値は0とする。また、上記第2の実施の形態における矩形波、三角波を用いる場合も同様である。

【0071】以上説明したように、本発明の第3の実施の形態によれば、画像復元装置は、デジタルカメラや銀塩カメラ等の撮像装置から得た画像情報の一面分、撮像装置から得たブレ情報1、PSF画像生成に必要なブレ情報2を記憶するメモリ101と、メモリ101に記憶されたブレ情報1及びブレ情報2に基づきPSF画像を生成するPSF計算ブロック102と、メモリ101から供給された画像情報及びPSF計算ブロック102から供給されたPSF画像情報に基づき、画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する計算ブロック103とを有すると共に、ブレ軌跡に垂直な方向の画素の輝度値を与える関数、同じくブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値を与える関数として利用するため、下記のような効果を得る。

【0072】カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明による劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0073】尚、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用しても、1つの機器からなる装置に適用してもよい。前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、システム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(またはCPUやMPU)が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。

【0074】この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0075】プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、例えば、フロッピーディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、CD-R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード、ROMなどを用いることができる。

【0076】また、コンピュータが読出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働しているOSなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0077】更に、記憶媒体から読出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードや

コンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行う。従って、従来と比較して良好な画像復元効果を得ることが可能になるといふ効果がある。

【0079】請求項2の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明による劣化関数を用いることにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0080】請求項3の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項2の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0081】請求項4の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項2の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来

と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0082】請求項5の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用する。従って、上記請求項2の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0083】請求項6の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明による劣化関数を用いることにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0084】請求項7の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項6の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0085】請求項8の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項6の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0086】請求項9の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用する。従って、上記請求項8の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0087】請求項10の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元装置であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元手段を有し、該復元手段は、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明による劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0088】請求項11の発明によれば、前記復元手段は、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有限領域内の画素に対して任意に指定した値を使用する。従って、上記請求項10の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0089】請求項12の発明によれば、前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により求める方法により取得されたデータである。従って、予め取得してある前記ブレ軌跡データに基づき前記点ひろがり関数画像を生成する際、前記復元手段で上述した関数を使用することで、上記と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0090】請求項13の発明によれば、撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要なブレ情報を記憶する記憶手段を有する。従って、該記憶手段に記憶された画像情報及びブレ情報に基づき、前記復元手段で上述した関数を使用して復元画像を生成することで、上記と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0091】請求項14の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した

点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、ブレ軌跡上の画素周辺の画素の輝度値も考慮して復元を行う。従って、従来と比較して良好な画像復元効果を得ることが可能になるという効果がある。

【0092】請求項15の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等でも、本発明による劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0093】請求項16の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項15の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0094】請求項17の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項15の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0095】請求項18の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用する。従って、上記請求項15の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果を得られる等の効果がある。

【0096】請求項19の発明によれば、撮影動作等に

より劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから関数に基づき演算した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等で、本発明による劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0097】請求項20の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離のボケ劣化特性を持つ関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項19の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0098】請求項21の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値としてブレ軌跡の線分からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用し、ブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡の端点からの距離の絶対値に関する負の一次関数に基づき演算した値を使用する。従って、上記請求項19の発明と同様に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となり、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0099】請求項22の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡に垂直方向の画素の輝度値及びブレ軌跡の端点周辺の画素の輝度値としてブレ軌跡上の画素と同じ値を使用する。従って、上記請求項19の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0100】請求項23の発明によれば、撮影動作等により劣化したブレ画像を原画像に近い画像に復元する画

像復元方法であって、ブレ軌跡データに基づき生成した点ひろがり関数画像及びブレ画像から画像復元アルゴリズムに従って復元画像を生成する復元ステップを有し、該復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像を生成する際に、ブレ軌跡上の画素の輝度値として前記ブレ軌跡データから得た値を使用し、ブレ軌跡周辺の画素の輝度値として任意に指定した値を使用する。従って、カメラ等の撮像装置によって撮影されたブレ画像を復元する際に、現実の劣化モデルに近い劣化関数を与えることが可能となる。例えば、視覚的には直線ブレであっても厳密には非直線であるためブレ軌跡からずれた画素の影響がある場合や、露光漏れ等の影響からブレによる劣化に加えて周辺画素に対するボケが生じている場合等で、本発明による劣化関数を適用することにより、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる。更には、本発明による劣化関数は、任意に指定した値またはブレ軌跡からの距離の関数として表されるため、演算負荷も従来と殆ど変わらないという効果がある。

【0101】請求項24の発明によれば、前記復元ステップでは、前記点ひろがり関数画像におけるブレ軌跡周辺の画素の輝度値として、任意に指定したブレ軌跡周辺の有限領域内の画素に対して任意に指定した値を使用する。従って、上記請求項23の発明と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0102】請求項25の発明によれば、前記ブレ軌跡データは、対象画像の撮影時に撮像装置から得る方法或いは対象画像自体から演算により取得する方法により取得されたデータである。従って、予め取得してある前記ブレ軌跡データに基づき前記点ひろがり関数画像を生成する際、前記復元ステップで上述した関数を使用することで、上記と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【0103】請求項26の発明によれば、撮像装置で撮影された画像情報及び前記点ひろがり関数画像の生成に必要なブレ情報を記憶する記憶ステップを有する。従って、該記憶ステップで記憶された画像情報及びブレ情報に基づき、前記復元ステップで上述した関数を使用して復元画像を生成することで、上記と同様に、従来と比較して良好な画像復元効果が得られる等の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1乃至第3の実施の形態に係る画像復元装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係るPSF画像の一例を示す説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係るPSF画像の中心画素周辺部の輝度値を示す説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態に係るブレ軌跡上の画素の輝度値等を示す説明図であり、(a)は矩形波を用いた場合の例を示す説明図、図4(b)に三角波を用いた場合の例を示す説明図である。

【図5】本発明の第1及び第2の実施の形態に係るブレ軌跡の垂直な方向の画素やブレ軌跡の端点周辺等を示す説明図である。

【図6】従来例に係るPSF画像を示す説明図である。

【符号の説明】

* 101、104 メモリ

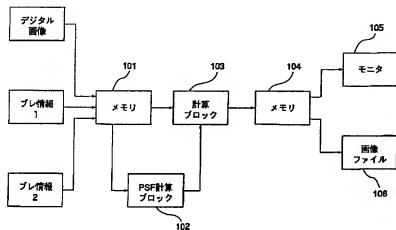
102 PSF計算ブロック

103 計算ブロック

105 モニタ

* 106 画像ファイル

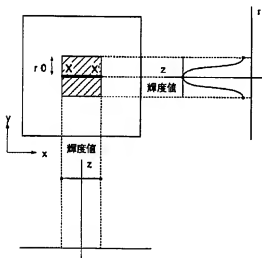
【図1】



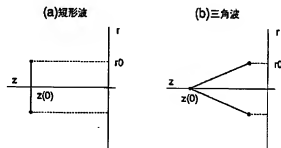
【図3】

$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$
$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$
$z(0)$	$z(0)$	$z(0)$	$z(0)$	$z(0)$
$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$	$z(1)$
$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$	$z(2)$

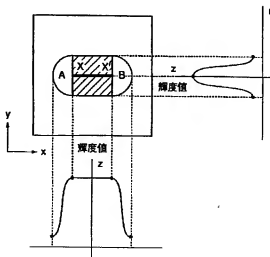
【図2】



【図4】



【図5】



〔図6〕

